УДК 621.311.6

ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМ БЕСПЕРЕБОЙНОГО ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ КОМПЬЮТЕРОВ НА ОСНОВЕ СИСТЕМ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Г.П. Казьмин, С.И. Королев, Н.И. Королева, П.Ю. Мельников, А.А. Котов

Томский политехнический университет
E-mail: pavelmel@yandex.ru

Показаны способы построения систем бесперебойного электропитания компьютеров с исключением избыточного преобразования энергии. Предложены новые системы бесперебойного электропитания, имеющие улучшенные массогабаритные показатели и КПД за счет работы электромагнитных элементов на повышенных частотах, а также высокую надежность.

Все многообразие существующих систем бесперебойного электропитания (СБП) компьютеров и компьютерных систем можно в соответствии с международным стандартом IEC 62040-3 [1, 2] разделить по способу резервирования на 3 группы: *off-line, on-line* и *interactive-line*.

На рис. 1 приведена структура классической СБП типа *off-line*. В системах подобного типа в нормальном режиме питание сетевого источника питания компьютера осуществляется от основной сети переменного тока через фильтр *Ф*, при этом осуществляется подзаряд аккумулятора *А* от выпрямителя *В*. При отклонениях параметров напряжения сети переменного тока от номинальных, вплоть до полного исчезновения напряжения, питание компьютера осуществляется от специально введенного инвертора *И*, на выходе которого формируется переменное напряжение прямоугольной или квазисинусоидальной формы. Инвертор питается от аккумулятора *А* и работает на частоте 50 Гц. Переключение с основного на резервный канал осуществляется посредством автоматического переключателя *АП*. В таких системах при переключениях возможен перерыв в электропитании, обусловленный временем синхронизации напряжения инвертора с основной сетью переменного тока, конечными временами выхода на режим.

В системах класса *on-line* питание компьютера осуществляется в нормальном режиме от инвертора *И*, который питается по цепи «сетевой выпрямитель *В* – конвертор *К*». Структурная схема СБП типа *on-line* приведена на рис. 2.

При пропадании напряжения на входе СБП в работу включается аккумулятор *А*, который также подключен ко входу инвертора *И*. При этом обеспечивается непрерывность напряжения на выходе СБП, однако, недостатком такого способа построения СБП является постоянное включение в работу инвертора *И* во всех режимах работы СБП (как при работе от основной сети, так и при переключении на резервный накопитель энергии – аккумулятор), что приводит к избыточному двойному преобразованию энергии в режиме работы от основной сети и, в конечном итоге, сказывается на надежности работы СБП в целом. В режиме перегрузки или при выходе из строя какого-либо из компонентов основного либо резервного каналов, в структуре данного типа СБП предусмотрен байпасный канал, обеспечивающий подключение нагрузки непосредственно к входу СБП. Переключение

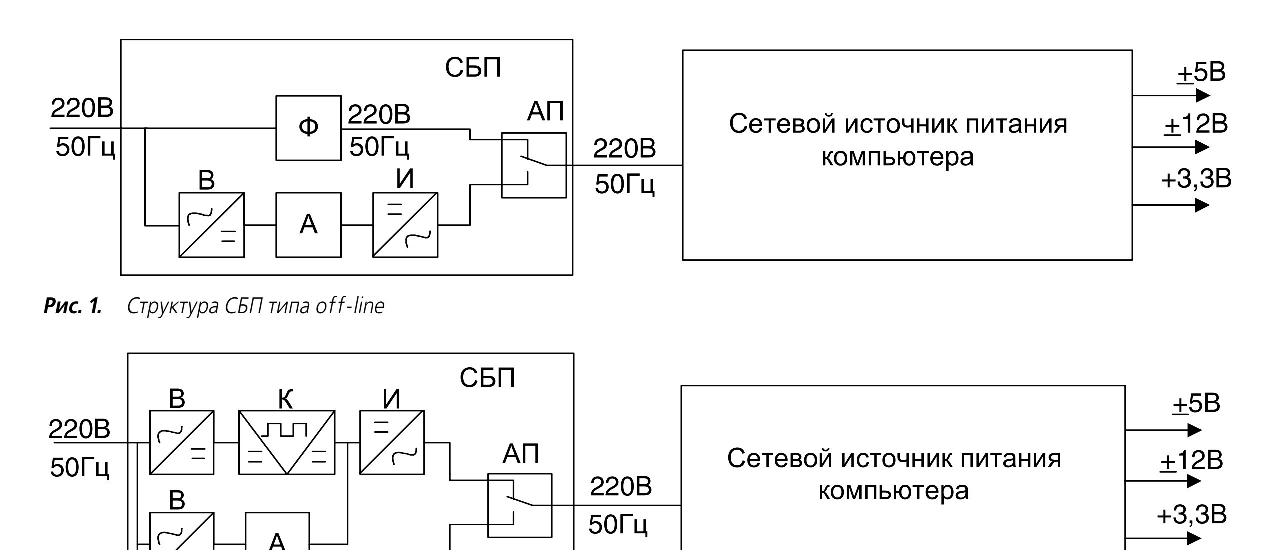


Рис. 1. *Структура СБП типа off-line*

Рис. 2. *Структура СБП типа on-line*

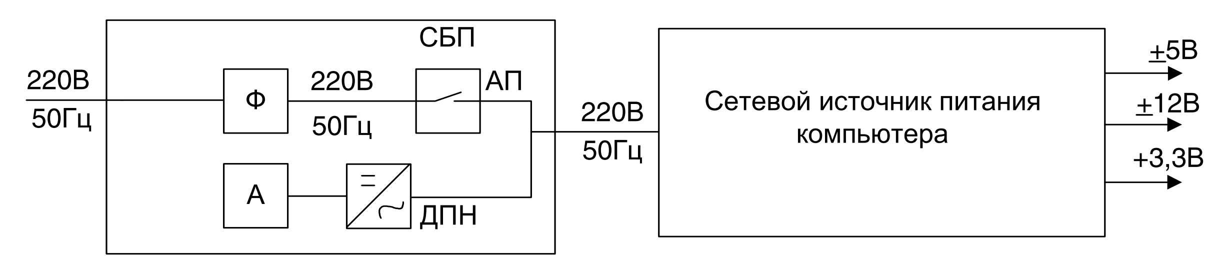


Рис. 3. *Структура СБП типа line-interactive*

на байпасный канал осуществляется посредством автоматического переключателя *АП*. В таких системах при переключениях исключен перерыв в электропитании при переходе с основного канала на резервный, однако такой перерыв возможен при аварии собственно СБП и переходе его на работу по байпасному каналу, что обусловлено конечным временем срабатывания присутствующего в схеме автоматического переключателя АП.

Структура СБП типа *line-interactive* приведена на рис. 3.

Основной особенностью структуры СБП типа *line-interactive* является наличие в ее составе двунаправленного преобразователя напряжения *ДПН*, выполняющего как функции зарядного устройства для аккумулятора *А* в нормальном режиме работы (при питании от основной сети), так и функции инвертора (при пропадании напряжения основной сети и переходе на питание нагрузки от аккумулятора).

Для СБП, построенных по архитектуре *line-interactive*, характерны те же недостатки, что и для систем типа *off-line*: при переключениях с основной на резервную сеть возможен перерыв в электропитании, вызванный временем синхронизации напряжения инвертора с основной сетью переменного тока, конечными временами выхода на режим.

Таким образом, все рассмотренные системы бесперебойного электропитания имеют завышенные массогабаритные показатели из-за преобразования энергии на частоте 50 Гц, обладают низкой надежностью из-за наличия довольно сложного устройства-инвертора с его многофункциональной схемой управления, а системы типа *on-line* и *off-line*, кроме того, отличаются пониженным КПД из-за двойного преобразования энергии.

Однако, при разработке СБП для компьютеров, производители не учитывают тот факт, что в настоящее время все компьютерные источники питания, как стандарта АТ (в настоящее время сняты с производства, однако в эксплуатации находится еще значительное их количество), так и стандарта АТХ (и дальнейших его производных) построены на основе бестрансформаторных высокочастотных источников питания, неотъемлемой частью которых является бестрансформаторный выпрямитель сетевого напряжения на входе [3, 4].

На рис. 4 приведена структурная схема сетевого источника питания (СИП) компьютера стандарта АТХ, содержащая выпрямитель *В*, инвертор *И*, трансформаторно-выпрямительное устройство *ТВУ*, фильтр *Ф*.

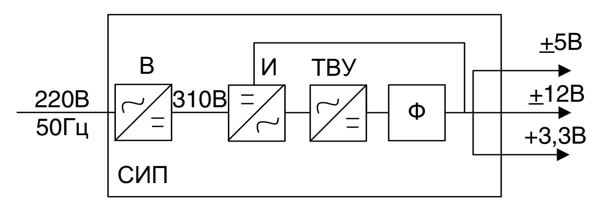


Рис. 4. *Структура источника питания компьютера стандарта АТХ*

Синусоидальное напряжение питающей сети подается на вход выпрямителя *В*, построенного, как правило, на основе схемы классического мостового двухполупериодного выпрямителя с емкостным фильтром [3], с выхода которого на вход инвертора *И* подается постоянное напряжение $U_{вых}$=310 В.

Все дальнейшие преобразования энергии внутри источника питания системного блока компьютера производятся исходя из наличия на входе инвертора *И* этого постоянного напряжения.

Отсюда можно сделать вывод о том, что необходимым условием для нормального функционирования встроенного источника питания системного блока компьютера является наличие постоянного напряжения величиной 310 В на входе инвертора *И*. Наличие напряжения строго синусоидальной формы на входе компьютерного источника питания не является для этого необходимым. В частности, система будет полностью сохранять работоспособность при подаче на вход источника питания постоянного напряжения величиной 310 В (соответствующего уровню выпрямленного напряжения промышленной сети 220 В). При прохождении постоянного напряжения через выпрямитель *В*, форма напряжения не изменится, а его величина уменьшится на величину падения напряжения на силовых диодах выпрямителя (~1 В). Режим работы выпрямителя *В* в этом случае отличается от штатного тем, что при подаче на его вход постоянного напряжения, ток постоянно протекает только через одно из плеч моста.

Переход систем бесперебойного электропитания на постоянный ток, отказ от канала преобразования резервной энергии на частоте 50 Гц, позволяющие существенно повысить надежность и КПД, привели к созданию ряда устройств систем

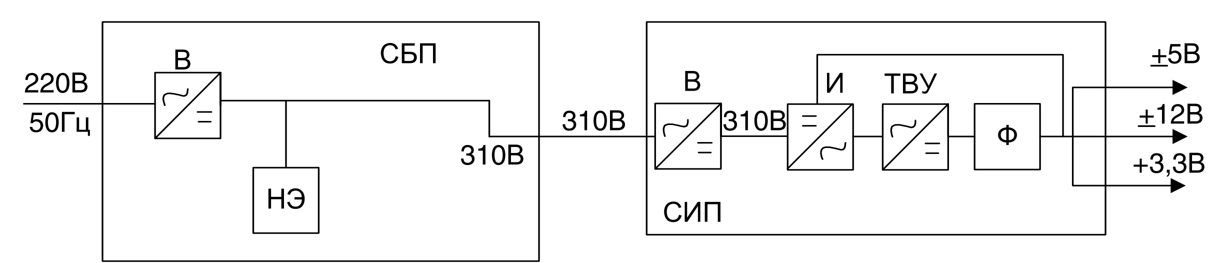


Рис. 5. *Структура СБП типа temporary on-line*

бесперебойного питания, не имеющих аналогов ни в России, ни за рубежом [5–9]:

1. *Temporary on-line*-СБП, обеспечивающие защиту компьютеров от кратковременных всплесков и провалов питающего напряжения (защита от всплесков напряжения до 4 кВ и провалов напряжения до 0 В, длительностью до 3...5 с). По данным фирмы APC, одного из ведущих производителей систем бесперебойного электропитания, такие сбои составляют до 87 % от всех зарегистрированных неисправностей питающей сети [10]. Структура такой предлагаемой СБП чрезвычайно проста и содержит только выпрямитель напряжения *В* и накопитель энергии *НЭ*, в качестве которого может выступать конденсаторная батарея, обеспечивающая бесперебойное электропитание компьютера при кратковременных колебаниях питающего напряжения. В состав выпрямителя реальной СБП входят также элементы защиты (варисторы, рассчитанные на напряжение питающей сети и призванные защитить компьютер от бросков напряжения, терморезисторы, обеспечивающие защиту компьютера от бросков тока). Постоянное напряжение с выхода СБП подается непосредственно на вход питания штатного СИП системного блока компьютера. При этом каких-либо доработок СИП не требуется.

2. *On-line* – в нормальном режиме питание системного блока осуществляется по основному каналу СБП от выпрямителя напряжения основной сети *В*, обеспечивающего на выходе СБП постоянное напряжение величиной +310 В, снабженного емкостным накопителем энергии *НЭ*. Одновременно с питанием собственно персонального компьютера осуществляется подзаряд аккумулятора *А* посредством выпрямительно-зарядного устройства *ВЗУ*. Структурная схема СБП типа *on-line* приведена на рис. 6.

В аварийном режиме, при снижении напряжения основной сети, вплоть до полного исчезновения, питание компьютера вначале осуществляется от емкостного накопителя энергии *НЭ*, а по мере его разряда и, соответственно, при снижении напряжения на выходе основного канала, система автоматически переходит на питание нагрузки по резервному каналу от аккумулятора *А*. Принципиально в качестве источника резервной энергии может быть применен либо источник постоянного тока (аккумулятор, солнечные батареи и др.), либо альтернативные источники энергии (ветро-, паро-, турбо-, дизель-, газоэлектрогенератор).

В случае применения источника постоянного тока, СБП дополнительно комплектуется конвертором напряжения, обеспечивающего преобразование напряжения источника постоянного тока в напряжение +310 В, одновременно стабилизируя его (резервный канал).

При использовании источников переменного тока в качестве источников резервной энергии, они также дополнительно комплектуются выпрямителем.

Основной и резервный каналы объединяются простой и надежной схемой ИЛИ, выполненной на базе двух силовых диодов, что полностью исключает возможность возникновения перерывов в электропитании компьютера при пропадании напряжения основной сети и переходе на работу СБП от резервного канала.

3. *Built-in* – СБП, встраиваемые непосредственно в корпус персонального компьютера и обеспечивающие питание системного блока при аварии штатного сетевого источника питания *СИП* напряжением +12 В, +5 В непосредственно от аккумулятора *А* с формированием остальных напряжений (–12 В, –5 В, +3,3 В), необходимых для беспере-

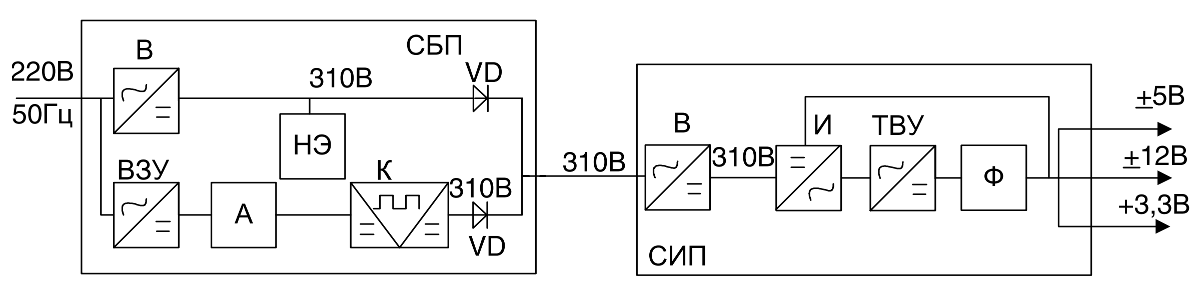


Рис. 6. *Структура СБП типа on-line*

бойной работы компьютера, посредством встроенного в СБП малогабаритного источника питания *МИП*. Структурная схема СБП типа *Built-in* приведена на рис. 7.

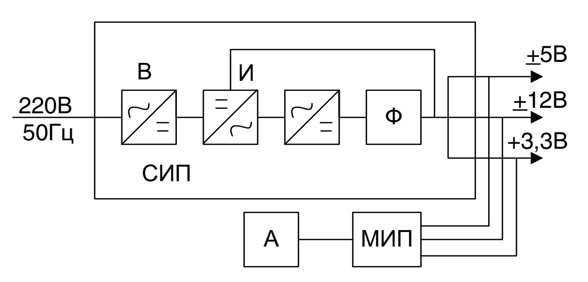


Рис. 7. *Структура СБП типа built-in*

Особенностью примененного в такой СБП малогабаритного источника питания является возможность зарядки встроенного аккумулятора по каналу питания +12 В в нормальном режиме работы (при питании компьютера от основной сети переменного тока).

Таким образом, можно говорить о появлении целого класса систем бесперебойного электропитания компьютеров, по своим характеристикам выгодно отличающихся от выпускаемых ведущими отечественными и мировыми производителями СБП.

Предлагаемые системы бесперебойного электропитания компьютеров имеют ряд преимуществ по сравнению с выпускаемыми:

- упрощение и повышение надежности конструкции за счет исключения из системы электропитания канала преобразования с частотой 50 Гц вместе с его системой управления;
- постоянная готовность к работе и отсутствие перерывов в работе при коммутации основного и резервного каналов, имеющих на выходах емкостные накопители энергии и подключенных к потребителю через схему «ИЛИ»;
- значительное улучшение массогабаритных показателей за счет работы электромагнитных элементов на частотах 50...100 кГц; повышение КПД системы электропитания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. IEC 62040-3 (1999-03) Uninterruptible power systems (UPS) – Part 3: Method of specifying the performance and test requirements.
2. UPS topologies and standards, MGE UPS systems, MGE 0248 UK1-11/99.
3. Головков А.В., Любицкий В.Б. Блоки питания для системных модулей типа IBM PC-XT/AT. – М.: ЛАДиН, 1995. – 90 с.
4. Кучеров Д.П. Источники питания ПК и периферии. Издание второе, переработанное и дополненное. – СПб.: Наука и техника, 2002. – 352 с.
5. Пат. 2242883 РФ. МКИ H02J 9/06. Способ бесперебойного электропитания компьютеров и компьютерных систем / С.И. Королев, А.В. Гусельников, А.В. Кудин, Г.Н. Цветкова. Заявлено 04.07.2003; Опубл.10.12.2004. – 9с.: ил.
6. Пат. на ПМ 44011 РФ. МПК H02J 9/06. Система бесперебойного электропитания компьютера / С.И. Королев, Г.П. Казьмин, П.Ю. Мельников. Заявлено 11.10.2004; Опубл. 10.02.2005, Бюл. № 4. – 2 с.: ил.
7. Пат. на ПМ 56086 РФ. МПК H02J 9/06. Система бесперебойного электропитания компьютера / С.И. Королев, Г.П. Казьмин, П.Ю. Мельников, А.Н. Синичкин. Заявлено 15.03.2006; Опубл. 27.08.2006, Бюл. № 24. – 2 с.: ил.
8. Пат. на ПМ 56087 РФ. МПК H02J 9/06. Система бесперебойного электропитания компьютера / С.И. Королев, Г.П. Казьмин, П.Ю. Мельников, А.Н. Синичкин. Заявлено 15.03.2006; Опубл. 27.08.2006, Бюл. № 24. – 2 с.: ил.
9. Королев С.И., Казьмин Г.П., Мельников П.Ю. Высокоэффективная система бесперебойного питания компьютера // Современные техника и технологи: Труды XII Междунар. научно-практ. конф. молодых ученых. – Томск, 2005. – Т. 1. – С. 96–98.
10. APC – American Power Conversion – Представительство в странах СНГ. Насколько оправдано вложение денег в средства защиты вычислительной техники от некачественного электропитания? – http://www.apc.ru/support/money.html (01.09.2006).